



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 42 12 990 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**G 01 B 21/04**  
G 01 B 21/22  
// G 01 B 11/26

⑳1 Aktenzeichen: P 42 12 990.7  
⑳2 Anmeldetag: 18. 4. 92  
⑳3 Offenlegungstag: 21. 10. 93

DE 42 12 990 A 1

⑦1 Anmelder:

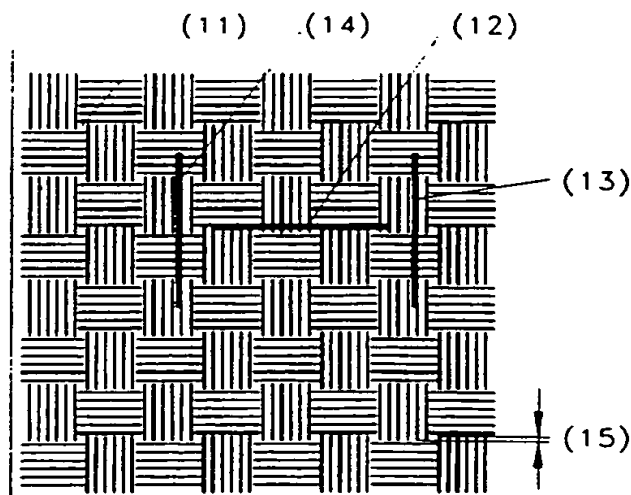
Schäffel, Christoph, 98693 Ilmenau, DE; Glet, Uwe,  
98693 Ilmenau, DE

⑦2 Erfinder:

gleich Anmelder

⑤4 Absolutes Zweikoordinatenmeßsystem mit Drehwinkelerfassung

⑤7 Die Erfindung betrifft ein absolutes Zweikoordinatenmeßsystem mit Drehwinkelerfassung zur Lagebestimmung einer Bezugsfläche relativ zu einem Abtastsystem. Auf der Bezugsfläche sind absolut codierte Marken für die Koordinaten x und y benachbart und orthogonal zueinander angeordnet. Die Marken werden mit Zeilen- oder Matrixsensoren für jede Koordinatenrichtung gleichzeitig abgetastet und gestatten die Berechnung der Relativlage zwischen Sensor und Bezugsfläche bezüglich der Koordinaten x und y sowie die Bestimmung des Verdrehwinkels beider Einheiten relativ zueinander in der x-y-Ebene. Fehlerfortpflanzungen durch Kopplung mehrerer Einkoordinatenmeßsysteme werden durch den integrierten Aufbau des Systems vermieden.



DE 42 12 990 A 1

Die Erfindung betrifft ein absolutes Zweikoordinatenmeßsystem mit Drehwinkelerfassung für die Vermessung und/oder schnelle und genaue Positionierung räumlicher und flächenhafter Objekte insbesondere in der Feinwerk- und Automatisierungstechnik.

Es ist bekannt, daß die Vermessung und/oder Positionierung räumlicher und flächenhafter Objekte mit Hilfe einzelner, vorzugsweise orthogonal zueinander angeordneter, linearer Meßsysteme erfolgt. Weiterhin ist bekannt, daß zur Vermessung oder Positionierung entlang einer Geraden oder in der Ebene inkrementale Meßsysteme eingesetzt werden. Diese können für eine (DE 33 22 738) oder für mehrere Koordinaten gleichzeitig (DD 2 15 645) ausgelegt sein. Desweiteren zeigen DE 34 27 067 sowie DE 39 09 855 die Möglichkeit einer Absolutcodierung für einachsige Maßstäbe.

Ein Nachteil der Kombination einzelner linearer Meßsysteme besteht darin, daß sie über mechanische Koppelstellen verbunden werden müssen, wobei sich Fehler der Koppelstellen und Fehler der Einzelsysteme über die Koppelstellen fortpflanzen und zu Meß- oder Positionierfehlern in der Ebene oder im Raum führen. Weiterhin haben inkrementale Meßsysteme für eine oder mehrere Koordinaten die Eigenschaft, daß zu Beginn ihrer Inbetriebnahme Referenzmarken angefahren werden müssen und danach die Meßwert- oder Positionsermittlung durch Zählung von Inkrementen ausgehend von diesen Referenzmarken erfolgt, wobei durch verschiedene äußere Einflüsse Zählfehler auftreten können. Desweiteren führen bereits relativ geringe Verdrehungen des Abtastrasters eines inkrementalen Meßsystems gegenüber der linearen oder flächenförmigen Maßverkörperung zum Aussetzen der Funktion und damit zum Positions- oder Meßwertverlust. In DD 2 26 642 wird eine Einrichtung zum Erfassen der Verdrehung einer Abtasteinheit gegenüber einem Kreuzraster beschrieben, welche jedoch bereits bei kleinen Verdrehwinkeln ihre Funktionsfähigkeit einbüßt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein absolut codiertes Mehrkoordinatenmeßsystem zu schaffen. Dieses gestattet es, an jeder Position die Absolutlage zu erfassen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß eine Bezugsfläche in absolut codierte Teilbereiche eingeteilt ist, welche die Information über die absolute Lage in zwei Koordinatenrichtungen enthalten. Dabei sind die als Codierfelder ausgelegten Teilbereiche in Zeilen und Spalten derart angeordnet, daß sich in jeder Zeile der Matrix mindestens einmal die Information für die y-Koordinate und in jeder Spalte mindestens einmal die Information für die x-Koordinate befindet. Die Codierung innerhalb der Felder erfolgt in Form eines Strichcodes, wobei die Strichcodes jeweils benachbarter Felder orthogonal zueinander angeordnet sind und die absolute Position der jeweiligen x- oder y-Koordinate enthalten.

Das Auslesen des Codes der einzelnen Felder erfolgt vorzugsweise mit orthogonal zueinander angeordneten Sensorzeilen bzw. mit einer Sensormatrix für beide Koordinaten. Die Sensorelemente sind dabei so anzuordnen und der Abbildungsmaßstab so zu wählen, daß bei jeder Position der Sensoranordnung relativ zur Bezugsfläche mindestens die Information eines Codierfeldes jeder Koordinate vollständig ausgelesen werden kann oder, daß aus jeweils zwei nicht unmittelbar benachbarten aber in einer Linie liegenden Codierfeldern der glei-

chen Koordinatenrichtung so viel Information von der Sensoranordnung in Form von Codelinien ausgelesen wird, daß eine eindeutige Bestimmung der Relativlage von Sensor zu Bezugsfläche möglich ist. Im Falle einer schachbrettartigen Anordnung der Codierfelder für die verschiedenen Koordinaten ohne Überlappung derselben, erfolgt die Abtastung jeder Koordinatenrichtung mit mindestens zwei parallel angeordneten Sensorzeilen derart, daß immer ein Codierfeld jeder Koordinatenrichtung durch mindestens eine der Sensorzeilen erfaßt wird, wobei der Basisabstand zwischen den Sensorzeilen vorzugsweise  $1/4$  der Periode beträgt.

Im Falle einer Anordnung der Codierfelder mit Überlappung ist zum Auslesen einer Koordinatenrichtung jeweils nur eine Sensorzeile erforderlich, welche dann bei jeder relativen Position zur Bezugsfläche mindestens ein zugeordnetes Codierfeld auslesen kann. Im Falle der Verwendung einer Sensormatrix zum Auslesen der Information aus einer Anordnung der Codierfelder mit oder ohne Überlappung wird die Ortsinformation durch spalten- bzw. zeilenweise Auswertung der Sensormatrix ermittelt.

Zur Bestimmung kleinster Verdrehwinkel in der x-y Ebene können zwei in einem hinreichend großen Basisabstand parallel angeordnete Sensorzeilen oder Sensorzeilenpaare bzw. verschiedene Matrixzeilen oder -spalten einer Sensormatrix benutzt werden, wohingegen die Verdrehung des Abtastsystems um große Winkel mit Hilfe des sich ändernden Abstandsabstandes der auf die Sensorzeile abgebildeten Codelinien ausgewertet wird.

Die relative Lage der Sensoren zum zugeordneten Codierfeld wird durch Interpolation der aus den Codierfeldern ermittelten Werte innerhalb der Pixel des Sensors bestimmt.

Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile bestehen insbesondere darin, daß die Maßverkörperung durch ein absolut codiertes Flächennormal gebildet wird, wobei die Information für die jeweilige x- und y-Koordinate in unmittelbar benachbarten Feldern codiert ist. Somit kann die Ortsinformation über die Lage des Sensors gegenüber der Bezugsfläche auf einer im Verhältnis zur gesamten Bezugsfläche relativ kleinen Teilfläche ermittelt werden. Durch die integrierte Maßverkörperung für beide Koordinaten reduzieren sich Justierfehler, verursacht bei der Montage der Einzelmeßsysteme, und Fehler die durch thermische Deformation oder Ausdehnung der Gestellanordnung bei Nutzung getrennter Maßverkörperungen für die verschiedenen Koordinaten auftreten. Damit hängt die Genauigkeit des Systems praktisch nur noch von der Qualität der integrierten Maßverkörperung ab und nicht mehr von den Koppellementen zwischen den Einkoordinaten-Maßverkörperungen. Es bietet sich zudem durch die absolute Codierung der Positionsmarken in Form der Codierfelder die Möglichkeit, die einzelnen Codierfelder mit einem hochgenauen Maßstab zu kalibrieren, die daraus resultierenden Korrekturwerte in einem Speicher abzulegen und bei Messungen entsprechend zu berücksichtigen. Weiterhin wird durch die integrierte Anordnung der Maßverkörperung für beide Koordinaten auf einer Bezugsfläche der Bauraum gegenüber getrennten Maßverkörperungen für jede Koordinate auf mehreren Bezugsflächen erheblich reduziert. Neben der hochgenauen Erfassung der Koordinaten x und y bietet das System zusätzlich die Möglichkeit, Verdrehwinkel der Bezugsfläche gegenüber dem Sensor zu messen, wobei kleine Verdrehwinkel durch die parallele Anordnung von Sensorzeilen

und Auswertung des Differenzsignals und größere Verdrehwinkel mit Hilfe des sich ändernden Abstandsstandes der auf die Sensorzeile abgebildeten Codelinien ausgewertet werden. Durch Reduzierung mechanischer Teile und Koppelglieder und eine integrierte Ausführung der Maßverkörperung für beide Koordinatenrichtungen erfolgt keine Fehlerfortpflanzung und Führungsfehler mechanischer Teile haben keine Auswirkung auf die Ungenauigkeit des Systems.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben.

Es zeigen

Fig. 1 eine Matrix aus Codierfeldern für die x- und y-Koordinate die in Zeilen und Spalten angeordnet sind,

Fig. 2 eine schachbrettartige Anordnung von Codierfeldern sowie eine Anordnung von Sensorzeilenpaaren und

Fig. 3 eine Anordnung von Codierfeldern mit Überlappung sowie eine mögliche Anordnung der Sensorzeile zum Auslesen der Ortsinformation bezüglich der x- bzw. y-Koordinate und des Verdrehwinkels  $\phi$  in der x-y-Ebene.

Fig. 1 zeigt die Art der Anordnung der Codierfelder 4 für die beiden Koordinatenrichtungen, wobei die einzelnen Teilbereiche, die hier als Codierfelder 4 bezeichnet werden, in Zeilen 3 und Spalten 2 derart angeordnet sind, daß sich in jeder Zeile 3 der Matrix 1 in jedem zweiten Feld jedoch mindestens einmal die Information für die y-Koordinate und in jeder Spalte 2 der Matrix in jedem zweiten Feld jedoch mindestens einmal die Information für die x-Koordinate befindet.

Fig. 2 zeigt eine schachbrettartige Anordnung der Codierfelder 4, wobei die Codierung innerhalb der Felder 4 in Form eines Strichcodes erfolgt und die Strichcodes jeweils benachbarter Felder orthogonal zueinander angeordnet sind und die absolute Position für die jeweilige Koordinatenrichtung enthalten 6, 7. In Abhängigkeit der Größe der Codierfelder im Verhältnis zur gesamten Bezugsfläche kann der verwendete Code hinsichtlich der Anzahl der verwendeten Bits zur Verschlüsselung der Ortsinformation vom hier gezeigten 6-Bit Code abweichen. Um bei einer Anordnung nach Fig. 2 bei jeder Position des Sensors bezüglich der die Codierfelder tragenden Bezugsfläche eine auswertbare Ortsinformation für jede Koordinate zu erhalten, bietet sich der Einsatz von Sensor-Doppelzeilen oder parallel angeordneten Einzelzeilen als Paaren an, wobei der Abstand zwischen den Zeilen vorzugsweise 1/4 der Periode 8 betragen sollte. Zur Auswertung gelangt jeweils das Signal jener Sensorzeile, welches die vollständige Information über die Position bezüglich der jeweiligen Koordinatenrichtung enthält. Entsprechend der orthogonalen Anordnung der Linien der Strichcodes für die x- bzw. y-Koordinate zueinander, schließen auch die den Code abtastenden Sensorzeilen vorzugsweise einen Winkel von 90° ein. Eine Anordnung der Codierfelder 4 nach Fig. 3 mit Überlappung 15 derselben gestattet ein Erfassen der Ortsinformation mit jeweils nur einer Sensorzeile pro Koordinatenrichtung. Damit ist es möglich, den auszuwertenden Datenstrom annähernd zu halbieren. Fig. 3 zeigt weiterhin eine zweite Sensorzeile zur Erfassung der y-Koordinate. Beide y-Sensorzeilen liefern nun bei geringsten Verdrehungen des Sensor bezüglich der Maßstabsfläche eine unterschiedliche Ortsinformation deren Differenz, in Abhängigkeit des Basisabstandes der beiden Zeilen, eine Aussage über den Verdrehwinkel zuläßt. Verdreht sich der Sensor um grö-

Bere Winkelbeträge relativ zur Bezugsfläche, so ist auch eine Winkelbestimmung möglich, indem der sich scheinbar ändernde Abstand der auf die Sensorzeilen abgebildeten Codelinien ausgewertet wird. Da es sich hierbei um einen Fehler 2. Ordnung handelt, ist der Effekt nur bei entsprechend hoher Interpolation bzw. größeren Verdrehwinkeln sinnvoll ausnutzbar.

#### Aufstellung der verwendeten Bezugszeichen

- 1 Matrix
- 2 Spalte
- 3 Zeile
- 4 Codierfeld
- 5 schachbrettartig angeordnete Codierfelder (ohne Überlappung der Codierfelder)
- 6 x-Strichcode
- 7 y-Strichcode
- 8 Periode
- 9 Sensorzeilenpaar zum Auslesen der x-Codierfelder
- 10 Sensorzeilenpaar zum Auslesen der y-Codierfelder
- 11 Anordnung der Codierfelder mit Überlappung
- 12 Sensorzeile zum Auslesen der x-Codierfelder
- 13 Sensorzeile zum Auslesen der y-Codierfelder
- 14 zusätzliche Sensorzeile zur Erfassung von Verdrehungen
- 15 Überlappung

#### Patentansprüche

1. Absolutes Zweikoordinatenmeßsystem mit Drehwinkelermessung mit einer absolut codierten Bezugsfläche und mit mindestens einem oder mehreren Sensoren zur Abtastung der Bezugsfläche in mehreren Koordinaten, dadurch gekennzeichnet, daß die Bezugsfläche in eine Vielzahl von Codierfeldern (4) eingeteilt ist, welche in zwei Richtungen jeweils abwechselnd die absolut codierte Information für die eine oder die andere Richtung enthalten und mit einem oder mehreren Sensoren abgetastet, die Bestimmung der Relativlage von Sensor zu Bezugsfläche in der Ebene oder im Raum ermöglichen, wobei diese absolut codierten Codierfelder (4) für jede Koordinate benachbart und vorzugsweise orthogonal und in Zeilen (3) oder Spalten (2) derart zueinander angeordnet sind, daß sich in jeder Zeile (3) der Matrix (1) in jedem zweiten Codierfeld (4) jedoch mindestens einmal die Information für die y-Koordinate (7) und in jeder Spalte (2) der Matrix (1) in jedem zweiten Codierfeld (4) jedoch mindestens einmal die Information für die x-Koordinate (6) befindet, (Fig. 1) wobei die Codierung innerhalb der Codierfelder in Form eines Strichcodes erfolgt und die Anordnung der die Information für die x- bzw. y-Koordinate (6), (7) tragenden Codierfelder (4) vorzugsweise schachbrettartig ist (Fig. 2).
2. Mehrkoordinatenmeßsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtastung der Codierfelder (4) für jede Koordinate mit parallel angeordneten Sensorzeilen (9), (10) derart erfolgt, daß bei jeder Position der Sensorzeilen (9), (10) relativ zur Bezugsfläche mindestens eine der parallel angeordneten Sensorzeilen die vollständige Information eines zugeordneten Codierfeldes (4) erfährt oder, daß aus zwei nicht unmittelbar benachbarten aber in einer Linie liegenden Codierfeldern (4) der gleichen Koordinatenrichtung jeweils so viel

Information in Form von Codelinien ausgelesen wird, daß eine eindeutige Bestimmung der Relativlage von Sensor zu Bezugsfläche möglich ist.

3. Mehrkoordinatenmeßsystem nach Anspruch 1—2, dadurch gekennzeichnet, daß die Codierung innerhalb der Felder in Form eines Strichcodes erfolgt und die Codierfelder (4) der Zeilen (3) für die y-Codierung sich innerhalb der Spalten (2) überlappen und sich die Codierfelder (4) der Spalten (2) für die x-Koordinate innerhalb der Zeilen (3) überlappen, (Fig. 3).

4. Mehrkoordinatenmeßsystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtastung der Codierfelder (4) für jede Koordinate mit jeweils nur einer Sensorzeile (12), (13) erfolgt, wobei bei jeder Position der Sensorzeile (12), (13) relativ zur Bezugsfläche die Sensorzeile (12), (13) die vollständige Information eines zugeordneten Codierfeldes (4) erfaßt oder aus zwei nicht unmittelbar benachbarten aber in einer Linie liegenden Codierfeldern (4) der gleichen Koordinatenrichtung jeweils so viel Information von der Sensorzeile (12), (13) in Form von Codelinien ausgelesen wird, daß eine eindeutige Bestimmung der Relativlage von Sensor zu Bezugsfläche möglich ist.

5. Mehrkoordinatenmeßsystem nach Anspruch 1 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtastung der Bezugsfläche mit Hilfe einer Sensormatrix derart erfolgt, daß bei jeder Position der Sensormatrix relativ zur Bezugsfläche die vollständige Information mindestens eines x- und y-Codierfeldes (4) erfaßt wird oder, daß aus jeweils zwei nicht unmittelbar benachbarten aber in einer Linie liegenden Codierfeldern (4) der gleichen Koordinatenrichtung so viel Information in Form von Codelinien ausgelesen wird, daß eine eindeutige Bestimmung der Relativlage von Sensor zu Bezugsfläche möglich ist.

6. Mehrkoordinatenmeßsystem nach Anspruch 1—4, dadurch gekennzeichnet, daß die Verdrehung des Abtastsystems relativ zur Bezugsfläche um kleine Winkel innerhalb der x-y Ebene mit Hilfe der Auswertung der Differenzsignale zweier in einem Basisabstand parallel angeordneter Sensorzeilen (12), (13) oder Sensorzeilenpaare (9), (10) erfaßt wird und die Verdrehung des Abtastsystems um große Winkel mit Hilfe des sich ändernden Abbildungsabstandes der auf die Sensorzeile abgebildeten Codelinien ausgewertet wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

x0	y7	x2	y7	x4	y7	x6	y7
y6	x1	y6	x3	y6	x5	y6	x7
x0	y5	x2	y5	x4	y5	x6	y5
y4	x1	y4	x3	y4	x5	y4	x7
x0	y3	x2	y3	x4	y3	x6	y3
y2	x1	y2	x3	y2	x5	y2	x7
x0	y1	x2	y1	x4	y1	x6	y1
y0	x1	y0	x3	y0	x5	y0	x7

(3)

(2)      (4)      (1)



Fig.:1

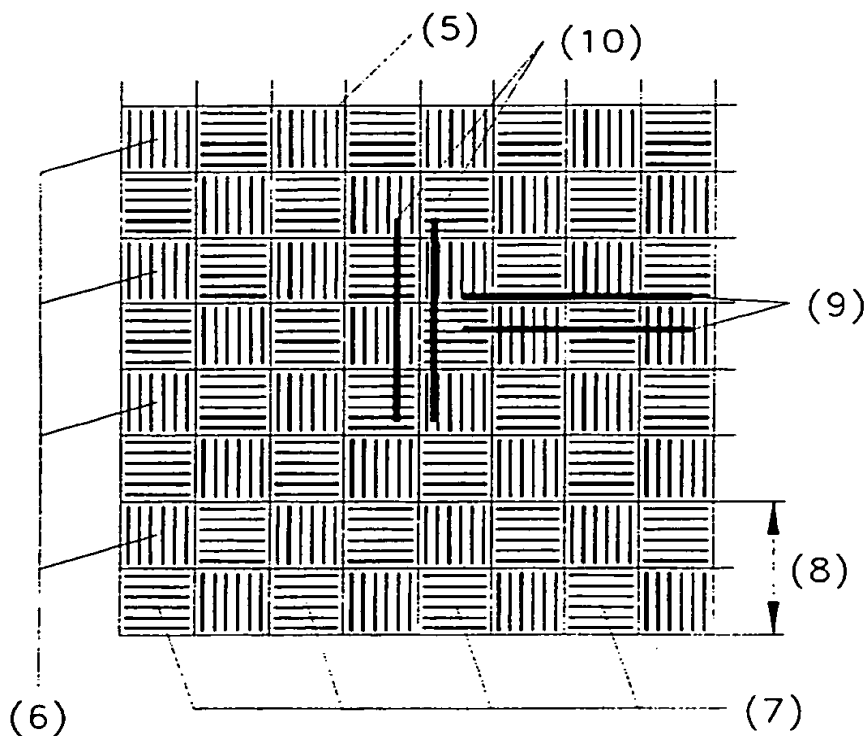
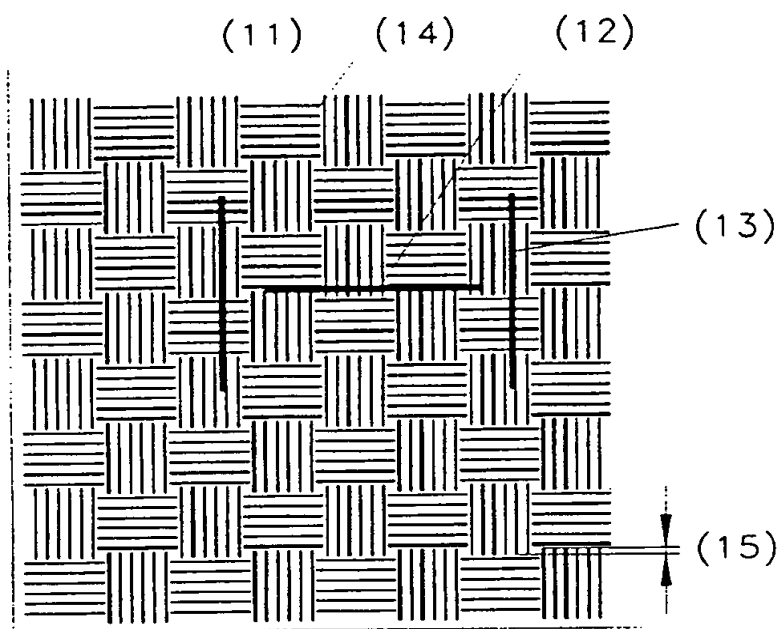


Fig.:2



*Fig.:3*